

最終氷期における南極棚氷底面融解に関する数値モデリング

草原 和弥¹、佐藤 建¹、羽角 博康²、Ralf Greve¹

¹ 北海道大学 低温科学研究所

² 東京大学 大気海洋研究所

Modeling basal melting of Antarctic ice shelves at the Last Glacial Maximum

Kazuya Kusahara¹, Tatsuru Sato¹, Hiroyasu Hasumi² and Ralf Greve¹

¹ *Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University*

² *Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo*

We estimate basal melting of Antarctic ice shelves at the Last Glacial Maximum (LGM) by an ice-shelf/sea-ice/ocean coupled model. The cryosphere/ocean coupled model can roughly reproduce the ice shelf melting amount under the present-day climate.

The shape of Antarctic ice shelves at the LGM (location and draft) is derived from output of an ice-sheet/ice-shelf dynamics model, SICOPOLIS. A steady ice-sheet/ice-shelf configuration is derived from a simulation from the Eemian to the LGM.

We have performed several numerical experiments in which the surface air temperature is modified. In this study, present-day surface boundary conditions are used as background forcing to force the coupled model. Negative temperature anomalies are added on the background surface air temperature for producing the LGM surface conditions. Sea ice extent in the experiments with 6-8°C cooling is consistent with that reported in literature.

In this model we estimate about 5000 Gt/yr for the basal melting of the Antarctic ice shelves at the LGM. The basal melting amount at the LGM is about five times larger than that at present. The model results show that warm oceanic waters originated from the Circumpolar Deep Water in the Southern Ocean inflow directly into the ice shelf cavities and melt actively the ice shelf bases. In particular, there are very active melting areas at rates up to 30 m/yr in the ice shelves in the Bellingshausen and Amundsen Seas. Change of the basal melting of Antarctic ice shelves is about 1000 Gt/yr among the experiments of 2-10°C cooling compared to present-day conditions. We found that basal melting of Antarctic ice shelves is strongly determined by the ice shelf configuration, more than by surface air temperature change.

現在から 1~2 万年前の最終氷期(LGM, Last Glacial Maximum)における南極棚氷の底面融解特性を棚氷-海氷-海洋結合モデルを用いて調べた。使用した結合モデルは現在気候における南極棚氷の底面融解量を現実的に再現可能なものである(Kusahara and Hasumi, JGR-Oceans 2013)。

LGM における南極棚氷の形状は現在のものと大きく異なっている。LGM の棚氷は現在に比べて、南極氷床の張り出しに伴って、より沖側/低緯度側に進出している。棚氷-海氷-海洋結合モデルの設定に必要な LGM における南極棚氷の形状(棚氷の位置及び厚さ)は最終間氷期(Eemian)から LGM をターゲットとした氷床モデル(SICOPOLIS)の結果を用いた。

棚氷-海氷-海洋結合モデルを駆動するために、LGM における海面境界条件が必要となる。本研究では、現在気候の海面境界条件を背景値として利用した。海面境界条件のうち海上気温に空間一様の負偏差(-2°C~-10°C)もしくは Annan and Hargreaves 2013 (Climate Past)の LGM における気温偏差データセットの気温偏差を加えることによって、LGM の境界条件を作成した。気温を現在より、6~8°C 程度下げた数値実験と気温偏差データセットを利用した数値実験では、海氷の広がり具合が、過去の研究において見積もられたものと同程度であった。海氷分布から、使用した結合モデルによって、LGM における海氷・海洋の物理環境場がある程度再現されていると判断した。

この結合モデルでは、LGM における南極棚氷の底面融解量は約 5000 Gt/yr である。この棚氷底面融解量は現在気候のおよそ 5 倍程度で、非常に大きい値である。数値モデルでは、南極周極流域の暖かい中層水(Circumpolar Deep Water)が棚氷下に直接流入しており、そのために非常に高い融解率になっていることがわかった。特に、ベリングスハウゼン海やアムンゼン海では、棚氷下への中層水の流入が顕著で、棚氷底面融解率が最大で 30m/yr に達している。海面気温を現在のものより、2~10°C 程度下げた一連の数値実験では、棚氷底面融解量は 4500-5500 Gt/yr 程度で、気温変化に対する棚氷底面融解量の変動幅は 1000 Gt/yr 程度である。南極棚氷の底面融解量は、気候変動に伴う気温変化によって変化する変動成分よりも、南極内部氷床にリンクした棚氷そのものの配置によって大きく決定されていることを示唆している。